



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ESTATÍSTICA E CIÊNCIAS ATUARIAIS**

GABRIELA DA CUNHA TORCHIA

**VOLATILIDADE DAS BOLSAS DE VALORES: UM ESTUDO ATRAVÉS DE
MODELOS LINEARES E NÃO LINEARES ESTRUTURAIS**

**São Cristóvão (SE)
2015**

GABRIELA DA CUNHA TORCHIA

**VOLATILIDADE DAS BOLSAS DE VALORES: UM ESTUDO ATRAVÉS DE
MODELOS LINEARES E NÃO LINEARES ESTRUTURAIS**

Monografia apresentada ao Departamento de Estatística e Ciências Atuariais do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Federal de Sergipe, em cumprimento às Normas de Trabalho de Conclusão de Curso aprovadas pela Resolução nº 065/2012/CONEPE, para obtenção da graduação em Ciências Atuariais.

Área: Econometria

Orientador: Prof. Me. Daniel Francisco Neyra Castañeda

**São Cristóvão (SE)
2015**

GABRIELA DA CUNHA TORCHIA

**VOLATILIDADE DAS BOLSAS DE VALORES: UM ESTUDO ATRAVÉS DE
MODELOS LINEARES E NÃO LINEARES ESTRUTURAIS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado em 02 de dezembro de 2015 e aprovada em sua forma final para obtenção do título de Bacharel em Ciências Atuariais.

Banca Examinadora

Prof. Me. Daniel Francisco Neyra Castaneda
Orientador

Prof. Me. Carlos Raphael Araújo Daniel
Examinador

Prof.^a Me. Vanessa Kelly dos Santos
Examinadora

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, aos meus pais, ao meu amado tio Lyra (*In Memoriam*), a Noêmia e a minha irmã Camila.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer imensamente a Deus por me amparar em momentos tão difíceis ao longo desses anos.

Agradeço a educação proporcionada pelos meus pais, eles foram fundamentais para o meu desenvolvimento.

Agradeço a perseverança e a dedicação da minha querida irmã, Camila Torchia, por me incentivar nos estudos desde criança. E a Noêmia Sant'Anna por me acolher em seu lar e por cuidar de mim.

É com o coração cheio de amor que agradeço meu amado tio Lyra Vasconcelos (*In Memoriam*) que me acolheu como uma filha, enquanto eu estudava em Pernambuco.

Agradeço as minhas primas Mônica e Yasmin Torchia pelo carinho e dedicação durante minha estadia em Recife.

Agradeço a Edson Mota pelos incentivos, conselhos e atenção durante minha graduação.

Agradeço ao meu amigo Lucas Antônio Feitosa pela paciência e ajuda na construção deste trabalho.

Agradeço a todos os professores que encontrei ao longo de minha jornada, e em especial a Professora Doutora Débora Eleonora Pereira da Silva por ter sido minha orientadora durante o projeto de Iniciação Científica, e por ter me ensinado a como desenvolver pesquisas acadêmicas.

Por fim, agradeço ao meu orientador Professor Mestre Daniel Francisco Neyra Castaneda por ter acreditado na minha capacidade e pela paciência durante o desenvolvimento deste trabalho.

RESUMO

O presente estudo buscou descrever e analisar a volatilidade dos retornos das cotações da bolsa de valores de Nova Iorque (NYSE), da bolsa de valores eletrônica de Nova Iorque (NASDAQ) e da bolsa de valores brasileira (BM&FBOVESPA). As séries temporais foram compostas pelos dados coletados de janeiro do ano 2000 até março de 2015, obtidos através dos índices Dow Jones, Nasdaq *Composite* e Ibovespa. Para explicar os momentos de turbulências dos mercados de ações foram utilizados os modelos estatísticos estruturais não lineares, ARCH e GARCH, que possibilitaram a mensuração dos erros médios absolutos. De acordo com os resultados obtidos, o modelo heterocedástico condicional que melhor se ajustou as três séries temporais estudadas foi o modelo ARCH, que captou a volatilidade mais acentuada da BM&FBOVESPA e se ajustou de forma satisfatória aos mercados mais estáveis de Nova Iorque. Para realizar previsões a partir do histórico comportamental dos índices das bolsas de valores foram utilizados os modelos estatísticos Arima e Arfima. As previsões foram realizadas para três dias, e o modelo que mais se aproximou das cotações reais das bolsas de valores foi o modelo Arfima.

Palavras-chave: volatilidade, retornos, bolsas de valores, modelos estatísticos.

ABSTRACT

This study aims to understanding and analyzing the volatility of returns in the prices of the New York Stock Exchange (NYSE), the electronic stock exchange of New York (NASDAQ) and the Brazilian stock exchange (BM&FBOVESPA). The time series were composed by data collected from January 2000 until March 2015, obtained from the Dow Jones, NASDAQ composite and Ibovespa. To explain the moments of turbulence in stock markets were used structural statistical models nonlinear, ARCH and GARCH, which enabled the measurement of the absolute mean errors. According to the results, the conditional heteroscedastic model that best fit the three temporal series was the ARCH model, which captured the sharpest volatility of the BM&FBOVESPA and adjusted satisfactorily to the more stable markets of New York. To make predictions from the behavioral history of the index of stock exchanges were used statistical models Arima and Arfima. The forecasts were made for three days, and the model that is closer to the actual prices of stock exchanges was model Arfima.

Keywords: volatility, returns, stock exchanges and statistical models.

LISTA DE GRÁFICOS E TABELA

Figura 1 - Comparativo da série real e dos retornos BM&FBOVESPA.....	33
Figura 2 - Comparativo da série real e dos retornos NYSE.....	34
Figura 3 - Comparativo da série real e dos retornos NASDAQ.....	35
Quadro 1 – Erros absolutos médios percentuais para os índices	36
Quadro 2 – Erros absolutos médios para os retornos.....	37
Gráfico 1 - Previsões BM&FBOVESPA.....	38
Gráfico 2 - Previsões NASDAQ	39
Gráfico 3 - Previsões NYSE.....	40
Figura 4 – Retornos por ARCH.....	41
Figura 5 – Retornos por GARCH.....	42
Gráfico 4 – Previsões não lineares BM&FBOVESPA.....	43
Gráfico 5 – Previsões não lineares NASDAQ.....	44
Gráfico 6 – Previsões não lineares NYSE.....	45

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ARCH	<i>Autoregressive Conditional Heteroskedastic</i>
ARFIMA	<i>Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average</i>
ARIMA	<i>Autoregressive Integrated Moving Average</i>
BM&FBOVESPA	Bolsa de Mercadorias e Futuros de São Paulo
BRICS	Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul
CMN	Conselho Monetário Nacional
CVM	Comissão de Valores Mobiliários
GARCH	<i>Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedastic</i>
IBOVESPA	Índice Bovespa
IGC	Índice de Governança Corporativa
MAPE	<i>Mean Absolute Percentage Error</i>
NASDAQ	<i>National Association of Securities Dealers Automated Quotations</i>
NYSE	<i>New York Stock Exchange</i>
VAR	<i>Value at Risk</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	JUSTIFICATIVA	12
1.2	PROBLEMA DE PESQUISA	12
1.3	OBJETIVO	14
1.3.1	Objetivo Geral	14
1.3.2	Objetivos Específicos	14
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1	VALORES MOBILIÁRIOS	15
2.1.1	Bolsas de Valores	16
2.1.1.1	BM&FBOVESPA	17
2.1.1.2	NYSE	18
2.1.1.3	NASDAQ	19
2.2	RISCO.....	20
2.2.1	Risco de Mercado	21
2.3	VOLATILIDADE.....	22
2.4	RETORNOS FINANCEIROS	23
2.5	ESTADO DA ARTE	24
2.5.1	Estudo de carteiras de ações	25
2.5.2	Risco e a prática de governança corporativa	25
2.5.3	Ações primárias e seus retornos	26
3	METODOLOGIA	27
3.1	CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO	27
3.2	ARIMA	27
3.3	ARFIMA.....	28
3.4	MODELOS ESTRUTURAIS NÃO LINEARES	28
3.4.1	ARCH.....	29
3.4.2	GARCH.....	29

3.5	RETORNOS	30
3.6	ERROS ABSOLUTOS	30
4	RESULTADOS	32
4.1	SÉRIES E RETORNOS.....	32
4.2	MODELOS ESTIMADOS	36
4.3	PREVISÕES PELOS MODELOS LINEARES	37
4.4	MODELOS ESTRUTURAIS NÃO LINEARES	40
4.5	PREVISÕES PELOS MODELOS NÃO LINEARES.....	42
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	46
	REFERÊNCIAS	48
	ANEXOS.....	51
	ANEXO A: EMPRESAS QUE COMPÕEM O IBOVESPA.....	51
	ANEXO B: EMPRESAS QUE COMPÕEM O ÍNDICE DOW JONES	52
	ANEXO C: EMPRESAS QUE COMPÕEM O ÍNDICE NASDAQ	52

1 INTRODUÇÃO

As bolsas de valores possuem papel fundamental para o sistema financeiro mundial, permitindo que organizações de todos os portes e de diferentes segmentações tenham acesso a uma fonte direta e contínua de investimento.

Desde o início do século XXI, o mercado financeiro mundial passou por diversas oscilações, alternando ciclos de alta expectativa econômica, recessão e recuperação. Esses ciclos foram marcados principalmente pela desvalorização, flutuação das taxas de juros e câmbio, inflação e valorização de ativos.

Os mercados tradicionais de primeiro mundo possuem características de retornos mais sucintos, atribuídos ao baixo risco envolvido no investimento de aquisição de novos títulos (AROURI et al., 2010).

Entretanto esses mercados não são completamente imunes a crises, como ocorreu no ano de 2008 em que a grande potência americana sofreu uma crise financeira interna, que desencadeou reflexos econômicos negativos em diversos países estrangeiros, especialmente países da Europa (BISPO et al., 2009).

Por outro lado, a forte ascensão dos países emergentes, em especial os BRICS (Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul), possibilitaram maiores retornos para os investidores, dada à alta expectativa de crescimento. Conforme Arouri et al. (2010) os retornos nos países em desenvolvimento são marcados pela alta volatilidade do mercado em virtude das mudanças ocasionadas pela política, economia e eventos macroeconômicos.

A mensuração dos índices das bolsas de valores ao redor do mundo tornou-se um dos principais indicativos da saúde econômica de uma nação. Países com a economia equilibrada são focos de investidores, devido à segurança de liquidez e rentabilidade constante que títulos oriundos dessas localidades podem proporcionar em curto e em longo prazo (AROURI et al., 2010).

Em decorrência deste fato, é primordial que especialistas financeiros realizem análises cautelosas com o auxílio de inferências estatísticas que considerem em seus modelos variáveis externas como: efeitos políticos, econômicos, naturais e regionais.

De acordo com esses aspectos, o presente estudo tem como objetivo compreender e analisar a volatilidade das cotações da bolsa de valores de Nova Iorque (NYSE), da bolsa de valores eletrônica de Nova Iorque (NASDAQ) e da bolsa de valores brasileira (BM&FBOVESPA).

1.1 JUSTIFICATIVA

Este estudo se faz relevante a partir da grande importância que as bolsas de valores exercem na economia e como as oscilações de seus ativos são capazes de refletirem a posição financeira em que um país se encontra.

Os mercados financeiros nas últimas décadas passaram por grandes mudanças devido ao avanço tecnológico, a velocidade da informação e a flexibilidade de negociação em qualquer lugar do mundo. Como reflexo desses avanços os mercados se tornaram mais suscetíveis às especulações dos investidores, e com isso as variações dos preços aumentaram a cada possibilidade de mudança no mercado financeiro.

A intensidade da volatilidade dos títulos negociados nas bolsas de valores fez com que o conhecimento na área de investimentos em Sociedades Anônimas ganhasse grande destaque para se definir qual investimento terá um bom retorno e se o investidor será capaz de suportar o risco esperado referente à carteira de ativos.

Com base em estudos temporais é possível avaliar o desempenho das cotações das ações negociadas no mercado de capitais e apontar como as variações dos capitais das instituições financeiras são afetadas por crises setoriais ou mundiais.

Com o fito de estudar e conhecer melhor o comportamento dos valores negociados nos ativos em um determinado período, este trabalho tem fundamental relevância no âmbito acadêmico por incluir análises estatísticas reais sobre o mercado financeiro mundial e ampliar a aplicação de procedimentos teóricos em práticas financeiras significativas.

1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

Prever a variação do mercado financeiro é um desafio para muitos especialistas da área, em virtude da variabilidade dos preços dos ativos. Para estudar o comportamento do mercado é

indispensável um arsenal de informações referente ao desempenho econômico ao longo do tempo.

O fator surpresa também deve ser considerado na margem de erro durante o tratamento estatístico, dada à impossibilidade de mensurar com exatidão elementos que dependem, por exemplo, da natureza (como estiagem nas regiões agrícolas) ou fatores políticos (como medidas restritivas de crédito).

Uma boa ilustração de como o mercado financeiro é suscetível a medidas políticas, foi à crise norte americano em 2008 que teve início pelo endividamento governamental atribuído por duas guerras (Iraque e Afeganistão), o que resultou em gastos exorbitantes.

A economia americana além do momento difícil em que se encontrava, teve sua situação agravada após o aumento das taxas de juros. Esse aumento desestimulou a procura do setor imobiliário, e como consequência diversos imóveis deixaram de ser comprados ou foram vendidos a baixo do custo. Essa situação provocou a falência do banco Lehman Brothers, o quarto maior do país, causando pânico no mercado de crédito mundial (BISPO, 2009).

No Brasil em 2015, uma das principais empresas cotadas na bolsa de valores teve um escândalo que repercutiu internacionalmente, e atingiu de forma negativa o valor das ações de títulos negociados no mercado. A Petrobras teve sua reputação abalada após denúncias sobre corrupção, desvio de verbas oriundas de licitações e lavagem de dinheiro que movimentaram mais de R\$ 40 bilhões ilegalmente (DIONÍSIO, 2015).

Em consequência do escândalo a estatal teve o preço de seus ativos cotados pela metade na BM&FBOVESPA em uma queda vertiginosa, e foi excluída temporariamente do cálculo do Ibovespa pela baixa representatividade de seus ativos na carteira dos maiores capitais da bolsa de valores brasileira.

As crises acima ilustram algumas situações em que as instituições financeiras cotadas nas bolsas de valores estão expostas no dia a dia. E como os impactos refletem diretamente no valor negociado das ações a partir da expectativa dos investidores.

Surge então a indagação: **O estudo do mercado ao longo do tempo é suficiente para o investidor manter seu capital seguro?**

1.3 OBJETIVOS

O objetivo consiste em apresentar ao leitor quais os tópicos primordiais que o estudo abordará, a fim de obter os resultados desejados.

1.3.1 Objetivos Gerais

Este estudo tem como objetivo geral desenvolver e analisar a volatilidade apresentada nos índices das bolsas de valores NYSE, NASDAQ e BM&FBOVESPA desde o primeiro dia útil do ano 2000 até 30 de março de 2015.

1.3.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos são:

- a) Estimar a partir de modelos estatísticos o comportamento da volatilidade dos retornos das cotações das bolsas de valores NYSE, NASDAQ e BM&FBOVESPA;
- b) Realizar previsões no mercado financeiro;
- c) Escolher qual modelo estatístico de ajuste é melhor às séries de dados.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O seguinte estudo está estruturado com definições e conceitos trabalhados por especialistas nas áreas de: valores mobiliários, risco, volatilidade e retorno.

2.1 VALORES MOBILIÁRIOS

Os valores mobiliários estão relacionados aos títulos ou contratos de investimentos coletivos, que proporcionem direito à participação, parceria ou dividendos cujo rendimento provenha do esforço dos empreendedores ou terceiros (MELLAGI FILHO; ISHIKAWA, 2007).

Conforme as leis nº 6.385/76 e nº 10.303/01, os valores mobiliários englobam todo e qualquer investimento que possua liquidez imediata passível de avaliação monetária, possibilitando o empreendedor obter capital de terceiros e garantindo ao investidor ganho ou benefício futuro (PINHEIRO, 2012).

As empresas que planejam abrir seu capital, e negociar suas ações com o público na bolsa de valores ou balcões, necessitam registrar-se à Comissão de Valores Mobiliários (CVM) e atender todos os requisitos propostos (KERR, 2011).

Essa comissão é responsável por promover e desenvolver o mercado de valores mobiliários, assim como orientar e fiscalizar as ações de toda e qualquer instituição filiada com a finalidade de manter as atividades de forma eficiente conforme as orientações do Conselho Monetário Nacional (CMN) (PINHEIRO, 2012).

O termo Sociedade Anônima (S.A.) é frequentemente utilizado para denominar companhias que têm de seu capital repartido em ações, dividindo-se em companhia aberta ou fechada. As companhias abertas possuem seu capital negociado com o público através das bolsas de valores ou balcões devidamente registradas junto à CVM, enquanto que as companhias fechadas obtêm seus recursos diretamente de seus acionistas ou pelo mercado de crédito (PINHEIRO, 2012).

As ações emitidas pelas Sociedades Anônimas com o capital aberto representam a menor fração do capital social que a entidade disponibiliza para ser negociada no mercado

financeiro, tendo o portador do título à qualidade de acionista, participando através de ações ordinárias ou ações preferenciais (KERR, 2011).

As ações ordinárias têm como principais características conceder aos acionistas todos os direitos legais de uma instituição e o direito ao voto, sendo o peso de seu voto proporcional à quantidade de ações que o mesmo possui. Enquanto que as ações preferenciais possuem restrições quanto aos direitos legais e o direito ao voto, porém para compensar essas restrições os acionistas têm preferência no recebimento de dividendos e caso a organização se dissolva é restituído o capital investido (PINHEIRO, 2012).

De acordo com Grinblatt, Sheridan (2005) e Pinheiro (2012) a venda de ações assume diversas categorias de mercado. O mercado primário consiste na emissão de novos títulos por uma S.A., enquanto que a negociação de títulos antigos no mercado através da bolsa de valores caracteriza o mercado secundário de ações. O terceiro mercado refere-se à venda de ações através de corretores autorizados e o quarto mercado está relacionado a grandes investidores negociando entre si.

Segundo Assaf Neto (2009) as ações são títulos de rendas variáveis que possuem duas formas de rendimentos: dividendos e valorização. Os dividendos são os lucros que as empresas repassam para seus acionistas após o encerramento do calendário comercial, enquanto que a valorização está associada ao aumento do preço de mercado, que uma ação incorporou ao seu capital no final de um determinado período.

No caso de novos investidores que pretendem ingressar no mercado de ações, é fundamental se certificarem de três aspectos primordiais: rentabilidade (retorno esperado em porcentagem), risco (quanto maior o risco assumido, maior o retorno esperado) e liquidez (facilidade de venda da ação) para garantir a segurança de seu capital (KERR, 2011).

2.1.1 Bolsas de Valores

O centro comercial responsável pelas negociações das ações emitidas pelas entidades vinculadas a CVM é conhecido como bolsa de valores. As bolsas de valores tem suma importância para o desenvolvimento econômico da sociedade, pois possibilitam as empresas capturarem recursos de terceiros para aplicar em projetos de investimentos, permitindo que investidores de pequeno porte tornem-se acionistas de grandes entidades (KERR, 2011).

As bolsas de valores são responsáveis por disponibilizar as condições e o suporte necessário para que as negociações de títulos tanto nas compras quanto nas vendas ocorram de forma estruturada. É de responsabilidade da bolsa de valores exercer a função reguladora dos padrões éticos, assim como divulgar de forma detalhada e rápida todas as transações de negociações (BM&FBOVESPA, 2015).

As funções principais atribuídas das bolsas de valores englobam as negociações de ações, títulos de renda fixa, câmbio e contratos derivativos, fornecimentos de índices financeiros, atualização constante de taxas, listagem atualizada de empresas S.A. abertas e empréstimos de títulos (BM&FBOVESPA, 2014).

As principais vantagens de uma organização optar por obter recursos através da emissão de ações são: fortalecimento da empresa, ampliação dos recursos financeiros, desenvolvimento da imagem institucional, criação de liquidez de capital, expansão dos projetos de investimento, redução da captação de recursos através do mercado de crédito e melhor sucessão administrativa em empresas familiares (PINHEIRO, 2012).

Em comum acordo Beiruth et al. (2015) ressalta também as diversas vantagens da abertura de capital das instituições, entre elas destacam-se: rapidez na obtenção de capital de terceiros, maior visibilidade da imagem da organização e melhoria na obtenção de crédito por via bancária.

2.1.1.1 BM&FBovespa

No Brasil, a única bolsa de valores ativa é a BM&FBOVESPA fundada através da junção da Bolsa de Valores de São Paulo (Bovespa) e da Bolsa de Mercadorias e Futuros (BM&F) em 2007 (KERR, 2011).

A BM&FBOVESPA tem como finalidade desenvolver o capital social brasileiro, através da prestação de serviços no mercado mobiliário e de investir em projetos educacionais e socioambientais. A bolsa brasileira opera com a mais alta tecnologia e comunicação, proporcionando negócios integrados exclusivamente por meio eletrônico. Os serviços oferecidos englobam a compra e venda de ações, transferência de riscos, arbitragem de preços entre mercados e diversificação de investimentos (BM&FBOVESPA, 2015).

Para avaliar a performance de uma carteira de ações, cada bolsa de valores utiliza pelo menos um índice para mensurar o desempenho médio das ações ao longo do tempo. Usualmente esse índice é avaliado diariamente e as variações verificadas em um determinado período representam a lucratividade ou prejuízo que a carteira de ações obteve com as negociações registradas no mercado (ASSAF NETO, 2009).

No mercado brasileiro, essa avaliação de desempenho é realizada através do Índice Bovespa (Ibovespa) criado em 1968 com valor inicial de 100 pontos. O Ibovespa considera somente as negociações de ações sem investimentos adicionais, ou seja, o montante recebido na última negociação pela quantidade de ações disponíveis no mercado (ASSAF NETO, 2009).

O índice Bovespa é composto por 68 empresas de maiores capitais operando na BM&FBOVESPA, entre as principais destacam-se: Ambev, Bradesco, BM&FBOVESPA, Itausa, Itauunibanco, JBS, Kroton, Petrobras, Rumo Log e Vale.

2.1.1.2 NYSE

New York Stock Exchange (NYSE) consiste na bolsa mais importante dos Estados Unidos da América com negociações vigentes totalizando o capital de U\$ 27 trilhões. A NYSE fornece recursos de alta tecnologia para comunicação e desempenho maximizado, fornecendo em tempo real ao mercado informações sobre os títulos negociados (NYSE, 2015).

A conceituada NYSE foi fundada em 1792 e desde 2007 fundiu suas operações com o conglomerado de bolsas de valores Euronext, formando a NYSE Euronext. Com o intuito de criar um índice abrangente e que refletisse o valor de mercado das ações, a NYSE em 1966 criou o Índice *Composite*, dando impulso a criação de outros índices para avaliar o desempenho das ações durante os pregões (ADVFN, 2015).

O índice Dow Jones 30 foi criado por Charles Dow, editor do *The Wall Street Journal*. Atualmente este índice é um dos mais conceituados do mercado que estuda o desempenho da bolsa de valores americana. O cálculo deste índice baseia-se na cotação das 30 maiores empresas vinculadas a NYSE. Os componentes são escolhidos de acordo com os editores do jornal *The Wall Street Journal*, não obedecendo nenhum critério técnico de seleção (ADVFN, 2015).

As principais empresas que compõem o índice Dow Jones 30 são: Microsoft, American Express, Boeing, Walt Disney, IBM, Johnson & Johnson, JP Morgan Chase, Coca Cola e McDonalds.

2.1.1.3 NASDAQ

A Nasdaq Stock Market (*National Association of Securities Dealers Automated Quotations*) foi fundada em 1971, e atualmente é a segunda maior bolsa de valores do mundo. As empresas que compõem a NASDAQ são especializadas em desenvolver e fabricar produtos de alta tecnologia e comunicação (ADVFN, 2015).

NASDAQ se destacou mundialmente pela emissão de cotações do mercado eletrônico, alcançando a margem de mais de 5 mil empresas associadas. O mercado de ações Nasdaq possui um sistema de cotação eletrônica que fornece a seus participantes informações em tempo real sobre as 4 mil emissões de ações comuns incluídas no sistema NASDAQ (NASDAQ, 2015).

A bolsa de valores eletrônica se diferencia das demais bolsas tradicionais desde o princípio de sua abertura. O sistema de negociação informatizado utilizado desde a década de 70 conduziu todas as transações via telefone e telégrafo, e posteriormente via computador e sistemas de telecomunicação avançada, dispensando ao longo de mais de 40 anos a necessidade de um espaço físico para sua operação (ADVFN, 2015).

O índice Nasdaq *Composite* reflete o valor de todas as ações negociadas na bolsa eletrônica americana. Este indicador é o principal meio de se estudar o desempenho das empresas do setor de tecnologia mundial. Entre as empresas vinculadas a NASDAQ destacam-se: Apple, Adobe Systems Incorporated, Amazon, Discovery Communications, Facebook, Google, Microsoft e Yahoo (ADVFN, 2015).

2.2 RISCO

A capacidade de realizar escolhas está presente nas características das sociedades contemporâneas através do poder de calcular o futuro (BERNSTEIN, 1998). Para tomarmos decisões, calculamos e avaliamos as opções que estão disponíveis e então optamos pela qual teremos menos perdas ou mais ganhos.

Risco é um evento aleatório que quando ocorre causa impactos negativos para os objetivos da instituição, sendo composto por três elementos básicos: cenário, probabilidade de ocorrência do evento e proporção do impacto ocorrido. Enquanto que oportunidade é descrita como evento aleatório que quando ocorre proporciona impactos positivos sobre os objetivos da organização, sendo composta pelos mesmos elementos do risco (VOSO, 2008).

De forma simplificada, o risco pode ser compreendido como as possíveis perdas econômicas que a empresa sofre diante da incerteza de suas atividades, por estarem expostas a danos ou perdas de valores mensuráveis (RODRIGUES, 2008).

Segundo Cordeiro Filho (2014) a definição de risco se estende além de um evento aleatório que se realizará ao longo do tempo, compreende-se também como um evento passível de medição de acontecimentos incertos e futuros que podem ser amortizados através de medidas de proteção de prejuízo.

O risco abrange a possibilidade de ocorrer um evento sobre o qual o gestor terá amparo probabilístico e histórico para optar por uma determinada escolha para evitar perdas e obter vantagens competitivas (RODRIGUES, 2008).

Empresas de todos os portes enfrentam riscos diariamente, que podem interferir na realização de seus objetivos a curtos e longos prazos. Os objetivos podem estar relacionados a diversas atividades da organização, desde iniciativas estratégicas até seus resultados para a sociedade, ambiente, tecnologia, segurança, sistema financeiro e econômico bem como impactos sociais, culturais e políticos (ABNT NBR ISO 31000, 2011).

Para o âmbito financeiro, o risco pode ser dividido em: risco operacional (relacionado aos erros cometidos dentro da instituição), risco legal (quando a empresa sofre sanções por inadequações nos pagamentos de tributos), risco de crédito (ocorre quando o tomador do empréstimo não honra com seus pagamentos), risco de mercado (este risco abrange as mudanças no cenário econômico que influenciam as organizações) e risco de liquidez (quando

a instituição fica sem recursos para honrar seus compromissos imediatos) (MELLAGI FILHO; ISHIKAWA, 2007).

Para Wu e Blackhurst (2009) há aspectos no gerenciamento de risco que devem ser levados em consideração para melhorar o tratamento e a absolvição do risco. Esses aspectos englobam: identificação do risco e a modelagem adequada, análise e mensuração do impacto, gerenciamento do risco e seleção de soluções, monitoramento e avaliação de desempenho e por fim aprendizagem organizacional para prevenir futuras experiências.

Os riscos podem ser oriundos de incertezas relacionadas aos mercados financeiros, falhas de projetos, ações legais, passivos regulatórios, acidentes e desastres naturais, ou por erro humano. E não podem ser evitados totalmente ou mitigados devido às limitações financeiras e práticas que as organizações possuem (MOBLEY, 2011).

2.2.1 Risco de Mercado

Os riscos do sistema financeiro são divididos em: risco de variação das taxas de juros, risco de crédito, risco de mercado, risco operacional, risco de câmbio, risco soberano, risco de liquidez e risco legal. Dada à dificuldade de se mitigar os riscos em sua totalidade, é fundamental o agente financeiro gerenciar e controlar seus riscos avaliando o potencial de perda e ganho que a instituição está exposta (ASSAF NETO, 2009).

O risco de mercado compreende-se na variação de preço em um determinado período de tempo que pode representar possíveis perdas nos ativos, sejam elas nas ações, operações sujeitas à variação de câmbio, mercadorias (*commodities*) ou variação de taxa de juros (KERR, 2011).

Conforme Assaf Neto (2009) o risco de mercado engloba o comportamento dos ativos ao longo do tempo, ou seja, o preço em que os ativos e passivos estão sendo negociados através de agentes financeiros em um determinado período. O autor completa a definição ressaltando que o risco de mercado consiste nas chances de perda que uma instituição poderá sofrer devido à inflação, variação da taxa de juros, indicadores das bolsas de valores entre outros.

A mensuração do risco calcula, em geral, a probabilidade de determinado evento ocorrer. Dada a abundância dos riscos em um futuro próximo, a área financeira se concentra em descobrir a gama de resultados que ocorrerá no próximo dia. Para tal análise faz-se uso do

modelo de auto regressão, que analisa a função quadrática das observações passadas (SCHWARTZ et al., 2011).

O mercado financeiro quando está em situação de total estabilidade passa a se comportar de modo mais ameno dado o baixo risco envolvido. Entretanto o retorno esperado é menor do que aquele em momentos de grandes turbulências. A previsibilidade do mercado favorece a redução do risco, quantificando os possíveis desvios associados à probabilidade conhecida que tem como finalidade um maior retorno esperado (LIMA et al., 2009).

De acordo com Arouri et al.(2010) os mercados desenvolvidos e os mercados emergentes diferem por vários aspectos desde a infraestrutura institucional a microestrutura e eficiência de mercado.

A qualidade desses fatores influencia na assiduidade das negociações, formulação de preços, credibilidade da economia e na intensidade do risco e consequentemente do retorno esperado. Corroborando com estudos anteriores os mercados emergentes oferecem maiores retornos dada à perspectiva de crescimento, entretanto tem como característica acentuada a volatilidade das ações.

A eliminação total do risco é impraticável no mercado dada a dificuldade de haver uma carteira de ações com correlação negativa perfeita, sendo assim o cálculo do risco de uma carteira deve levar em consideração o comportamento de cada ação e também a relação entre os ativos ao longo do tempo (LIMA et al., 2009).

2.3 VOLATILIDADE

A volatilidade é um tipo de mensuração de risco que por meio da dispersão dos retornos permite indicar, no caso de risco de mercado, a variação de preços de títulos, ações, opções, taxa de juros e etc. (LORENZEN, 2011).

À medida que o mercado se encontra instável e com períodos de grandes perturbações econômicas e sociais há o aumento da variabilidade ou volatilidade das taxas de juros, prejudicando as negociações econômicas (MELLAGI FILHO; ISHIKAWA, 2007).

Quando séries financeiras apresentam grande variabilidade nos dados, denomina-se na literatura que esta série apresenta volatilidade. Caso seja diagnosticado na série períodos de

maiores variâncias, de forma que a variação esteja relacionada à temporalidade dos dados, a série além de possuir volatilidade, ela também dispõe de características de um modelo heterocedástico condicional (COWPERTWAIT; METCALFE, 2009).

A volatilidade está relacionada à flutuação dos preços dos ativos no mercado. Quando os preços dos ativos (títulos de renda fixa, ações, derivativos, *commodities* etc.) estão mais voláteis, o mercado precisa assumir situações de riscos maiores para continuar investindo. Com o fito de evitar situações de grandes conturbações, é de suma importância o acompanhamento diário do valor dos ativos negociáveis, para o investidor dispor de atualizações constantes e possuir respaldo para tomada de decisões futuras (ASSAF NETO, 2009).

A volatilidade é uma ferramenta de mercado importante, que tem como principal função medir em tempo real a variação de ativos de qualquer natureza. Analisa-se a volatilidade durante todo o processo, considerando o tempo (t) e sua variação. A mensuração é realizada através de intervalos de tempos em que são avaliadas transações individuais ou atualizações de cotação (SCHWARTZ et al., 2011).

Os mercados de ações são assuntos de grandes proporções mundiais, ademais da crescente interconexão dos operadores do mercado que aumentam a capacidade de negociações e a velocidade das tendências em amplitude global. Como consequência a volatilidade atinge patamares elevados como resposta à criação de novas plataformas de negociações em que os analistas de riscos podem amenizar suas consequências (SCHWARTZ et al., 2011).

A volatilidade é uma oscilação de mercado que ocorre em longo prazo, e pode ser mensurada a partir de dois métodos: por um indicador estatístico de flutuações que analisa eventos que já ocorreram tais como desvio padrão; ou através do cálculo da volatilidade implícita nos preços das ações. O primeiro método é realizado através do histórico, e medem movimentos reais de preços (cotações) e o segundo método é direcionado a previsão e a expectativa do mercado (SCHWARTZ et al., 2011).

2.4 RETORNOS FINANCEIROS

Com os mercados interligados a obtenção de capital está cada vez mais escassa, as empresas, por sua vez, para compensar essa insuficiência de recursos oferecem aos investidores retornos

sobre o capital investido que compense de forma satisfatória o risco assumido (CORRÊA, 2012).

Os investidores geralmente optam por aplicar seu capital na compra de ações com o intuito de obter lucros acima da média, como por exemplo, se estivesse aplicado na caderneta de poupança. Esses lucros podem vir através da valorização de mercado ou desvalorização, entretanto o mercado também pode sofrer turbulências negativas causando perdas aos investidores que acreditaram no sucesso das ações (BEIRUTH et al., 2015).

É primordial o investidor ter ciência sobre os riscos que ele assume em cada aplicação, pois quando se assume riscos de maiores proporções espera-se que os retornos tenham a mesma proporção para compensar o investimento. No caso em que os investidores têm conhecimento da magnitude dos riscos e dos retornos envolvidos, denomina-se que o mesmo é racional e avesso ao risco (KERR, 2011).

A gestão financeira de risco tem a função de maximizar os retornos esperados pelos investidores, desde que o retorno e a volatilidade sejam estudados simultaneamente. Altos retornos esperados possuem a característica de altos riscos, desde que a incerteza é maior na aplicação do capital no mercado (WUTHRICH et. al, 2010).

A avaliação de uma carteira de ativos é fundamental para mensurar de forma mais consistente os riscos envolvidos, no caso do mercado financeiro, a mensuração é realizada através das variações dos preços das ações (MORETTIN; TOLOI, 2006).

Os retornos financeiros apresentam características interessantes que outros tipos de séries não possuem, essas características englobam: a falta de auto correlação, e a presença de auto correlação quando os retornos estão em forma quadrática, volatilidade ao longo do tempo, e distribuição leptocúrtica, ou seja, diversos valores do banco de dados se distanciam da média ao longo do tempo (MORETTIN; TOLOI, 2006).

2.5 ESTADO DA ARTE

No estado da arte são apresentados publicações e artigos científicos sobre o tema em questão da ótica de outros autores a fim de reforçar a fundamentação teórica e a aplicabilidade de

outros recursos para estudar a influência do risco e do retorno das ações no comportamento das bolsas de valores ao longo do tempo.

Os artigos a seguir foram publicados em revistas nacionais de gestão de negócios no período de 2011 a 2015 e os principais tópicos abordados foram: previsão do valor do risco em carteiras de investimentos, teoria de Markowitz aplicado ao mercado de ações, retornos de ações primárias de instituições públicas.

2.5.1 Estudo de carteiras de ações

O artigo de Gabriel (2014) analisou como foi a performance do risco de uma carteira de investimento durante duas crises financeiras em momentos distintos. As crises analisadas pelo autor foram a Bolha da Internet e a crise financeira mundial que ocorreram entre 2008 e 2009. A metodologia utilizada respaldou-se na covariância de modelos multivariados do tipo GARCH através do *Value-at-Risk* (Var).

Para alcançar o propósito desta pesquisa Gabriel (2014) utilizou matrizes de covariância para gerar diversos modelos heterocedásticos condicionais com distribuições normais e t-student combinadas com o Var durante as crises com a fim de acomodar a volatilidade do mercado de ações.

De acordo com a teoria dos valores extremos, os índices da carteira de investimento se apresentaram inferiores se comparados aos índices totais de mercado. Concluiu-se então que há oportunidade dos investidores minimizarem os riscos das ações através de estratégias que avaliam além do mercado local, mas também contemplam o mercado internacional como um todo.

2.5.2 Risco e a prática de governança corporativa

O artigo de Silva et al. (2011) analisou se há relação entre o risco de uma carteira de investimento diversificada com classificação no Índice de Governança Corporativa (IGC)

comparada a uma Carteira de Mercado convencional para o primeiro, segundo e terceiro quadrimestre de 2009.

A escolha das práticas de governança corporativa deu-se pela qualidade de informações que os investidores possuem para avaliar as carteiras, e possibilitar maior desempenho e transparência nos investimentos. Os autores utilizaram o modelo de Markowitz para encontrar quais são as carteiras de variância mínima para cada quadrimestre para testar o risco exposto de cada carteira.

O resultado verificado por meio da teoria de diversificação foi que há relação inversa entre as práticas de governança corporativa e o risco em que as carteiras do IGC estão expostas, ou seja, as carteiras do IGC possuem riscos menores de investimento com níveis de retornos similares as Carteiras de Mercado.

2.5.3 Ações primárias e seus retornos

O estudo de Beiruth et al. (2015) objetivou analisar o comportamento das ações primárias de 34 instituições públicas e a verificação dos retornos anormais obtidos dessas instituições em 6 cortes temporais de 30, 90, 180, 365, 730 e 1095 dias explorando o curto, médio e longo prazo.

Os dados foram extraídos no período de 2005 a 2013 e analisados através do teste de Kruskal-Wallis com a finalidade de verificar a diferença entre as médias nos cortes temporais. Também foi utilizado o Teste T para a verificação das médias nos períodos inferiores há 180 dias.

Os resultados obtidos através do estudo de ações primárias de instituições públicas através do teste de Kruskal-Wallis foram que em curto prazo as ações possuem retornos anormais positivos. Enquanto que para o Teste T a diferença das médias apontaram retornos inferiores para o mesmo intervalo de tempo.

Para períodos médios, que abrangem de um semestre a um ano, os retornos anormais apresentados foram negativos, enquanto que para longo prazo os retornos anormais passaram a apresentar valores nulos.

3 METODOLOGIA

Para estimar a volatilidade do mercado de capitais serão utilizadas ferramentas estatísticas e modelos autoregressivos do tipo ARCH e GARCH para analisar a flutuação dos valores dos ativos das bolsas de valores. Estes modelos são apropriados para contornar a presença de volatilidade nos preços de um determinado ativo.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO

Este estudo será desenvolvido de acordo com modelos não lineares estruturais e raízes unitárias que proporcionarão a análise da variabilidade e da média dos retornos das cotações das bolsas de valores dos últimos 15 anos.

A análise será realizada em quatro etapas: teste da estacionariedade dos dados, teste dos modelos autoregressivos, e previsões das cotações para três dias. A margem de erro máxima admitida para este presente estudo será de no máximo 5%.

Para realizar as análises dos dados será utilizado o *software* gratuito R versão 3.1.2. Este *software* possibilita calcular uma vasta variedade de modelos lineares e não lineares com alta performance computacional. O R também permite implementar modelos não imputados na base sistêmica, flexibilizando o *software* para atender as particularidades de diversos estudos.

3.2 ARIMA

Séries econômicas são não estacionárias, deste modo se a diferença da série se desenvolver ao longo da média é possível realizar estudos através dos números finitos das diferenças. O modelo Arima (*autoregressive integrated moving average*) é representado pela ordem dos termos autoregressivos, dado pelo número de termos autoregressivos (p), pelo número de diferenças (d) e pelo número de termos de médias móveis (q) (MORETTIN;TOLOI, 1981).

De acordo com Morettin e Toloi (1981) se Z_t for um processo autoregressivo de médias móveis e satisfazer as condições a seguir, temos um processo Arima (p,d,q):

$$\Phi(B)\Delta^d Z_t = \theta(B) a_t \quad (1)$$

$$\varepsilon(B) Z_t = \Phi(B) (1-B)^d \quad (2)$$

3.3 ARFIMA

O modelo semi-paramétrico Arfima (*Autoregressive fractionally integrated moving average*) é derivado do modelo Arima de forma generaliza com características de memória longa.

Morettin e Toloi (2006) definem o modelo Arfima estacionário e invertível como:

$$\psi(B) (1-B)^d Z_t = \theta(B) a_t, \quad -0,5 < d < 0,5 \quad (3)$$

Em que B é um polinômio em B :

$$\Phi(B) Z_t = \theta(B) a_t \quad (4)$$

$$\psi(B) = \Phi(B) (1-B)^d = \Phi(B) D(B) \quad (5)$$

$$D(B) = 1 - d_1 B - d_2 B^2 - \dots - d_n B^n \quad (6)$$

O coeficientes são dados por:

$$D_j = \frac{-\Gamma(j-d)}{\Gamma(j+1)\Gamma(-d)} = \prod_{0 < k \leq j} \frac{k-1-d}{k}, \quad j = 0, 1, 2, \dots \quad (7)$$

Sendo a função gama para o modelo de memória longa Arfima:

$$\Gamma(x) = \begin{cases} \int_0^\infty t^{x-1} e^{-t} dt, & x > 0, \\ \infty, & x = 0 \\ x^{-1} \Gamma(1+x), & x < 0. \end{cases} \quad (8)$$

3.4 MODELOS ESTRUTURAIS NÃO LINEARES

Séries financeiras por apresentarem comportamentos de grandes turbulências não possuem estimação por modelos com características lineares. As oscilações de comportamento são

diagnosticadas a partir de alta variabilidade presentes nos dados coletados que vão evoluindo ao longo do tempo (MORETTIN; TOLOI, 2006).

Este estudo utilizará os modelos estruturais não lineares da família ARCH-GARCH, para estimar os retornos dos mercados de capitais.

3.4.1 ARCH

Os modelos estruturais não lineares denominados em inglês como *Autoregressive Conditional Heteroskedastic* (ARCH) e *Generalized ARCH* (Garch) são indicados para a acomodação de séries temporais que apresentam alta volatilidade (COWPERTWAIT; METCALFE, 2009).

O modelo ARCH foi introduzido por Engle (1982) através do estudo empírico sobre séries temporais heterocedásticas condicionais. O modelo ARCH possui média zero e variância 1, porém com desvios incondicionais constantes que possibilitam realizar previsões a partir de informações históricas recentes sobre a série.

Engle em 1982 definiu o modelo ARCH como:

$$X_t = \sqrt{h_t} \varepsilon_t \quad (9)$$

$$h_t = \alpha_0^2 + \alpha_1^2 x_{t-1}^2 + \dots + \alpha_p^2 x_{t-p}^2 \quad (10)$$

Com $\varepsilon_t \sim N(0,1)$ (distribuição normal com média zero e variância 1) ou $\varepsilon_t \sim t_u$ (distribuição t de Student com u graus de liberdade). A esperança e a variância do modelo são obtidas através das fórmulas abaixo:

$$E(X_t) = E\{E(X_t | \mathcal{F}_{t-1})\} = 0 \quad (11)$$

$$\text{Var}(X_t) = \frac{\alpha_0}{1-\alpha_1} \quad (12)$$

3.4.2 GARCH

O modelo GARCH foi desenvolvido por Bollerslev (1986) como uma extensão generalizada do modelo ARCH. A diferença entre o modelo GARCH e o modelo ARCH é que o modelo

generalizado necessita de menos parâmetros para descrever a volatilidade de uma série temporal.

O modelo GARCH foi definido por Bollerslev (1986) como:

$$H_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^r \alpha_i X_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^s \beta_j h_{t-j} \quad (13)$$

A esperança do modelo generalizado e a curtose são obtidas através das fórmulas abaixo:

$$E(v_t) = E(X_t | \mathcal{F}_{t-1}) = 0 \quad (14)$$

$$K = \frac{E(X_t^4)}{[E(X_t^2)]^2} = \frac{3[1-\alpha_1+\beta_1]^2}{1-(\alpha_1+\beta_1)^2-2\alpha_1^2} > 3 \quad (15)$$

3.5 RETORNOS

O retorno relativo percentual (R_t) é obtido através do preço do ativo no tempo t (P_t) pelo preço do ativo no período anterior (P_{t-1}) (KERR, 2011).

$$R_t = \left(\frac{P_t}{P_{t-1}} - 1 \right) * 100 \quad (16)$$

O mesmo autor também utiliza o cálculo do retorno geométrico ou retorno continuado composto através do logaritmo neperiano, dado por:

$$r_t = \left[\ln \left(\frac{P_t}{P_{t-1}} \right) \right] * 100 \quad (17)$$

Caso ocorra pagamento de dividendos (D_t) no período analisado, as fórmulas utilizadas para o cálculo dos retornos são adaptadas para:

$$R_t = \left(\frac{P_t + D_t}{P_{t-1}} - 1 \right) * 100 \quad (18)$$

$$r_t = \left[\ln \left(\frac{P_t + D_t}{P_{t-1}} \right) \right] * 100 \quad (19)$$

3.6 ERROS ABSOLUTOS

Para avaliar quais modelos apresentaram melhores resultados nas previsões propostas serão utilizados os erros absolutos percentuais médios (Mape) e os erros médios absolutos (MAE) para avaliar a performance dos retornos das bolsas de valores ao longo do tempo.

De acordo com Tayman e Swanson (1999), o Mape é definido como:

$$APE_i = |F_i - O_i| / O_i \quad (20)$$

$$MAPE = (\sum APE_i / N) * 100 \quad (21)$$

E o MAE é definido como:

$$MAE = (\sum APE_i) * 100 \quad (21)$$

Sendo F_i o valor futuro, O_i o valor de comparação e N o número de observações do estudo.

4 RESULTADOS

A série de dados das cotações diárias das três bolsas de valores estudadas (BM&FBOVESPA, NASDAQ e NYSE) foram analisadas temporalmente, sendo a primeira observação referente ao dia 3 de janeiro de 2000 e a última observação em 30 de março de 2015.

4.1 SÉRIES E RETORNOS

No figura 1 é apresentado o comportamento da série temporal das cotações verificadas pelo Índice Bovespa ao longo dos anos e como suas oscilações estão associadas aos períodos de crises econômicas ou a períodos de aquecimento no mercado. Segundo Arouri et al. (2010) os mercados de ações de países em desenvolvimento possuem grande volatilidade pela sensibilidade dos fatores locais como política e economia e de fatores externos macroeconômicos.

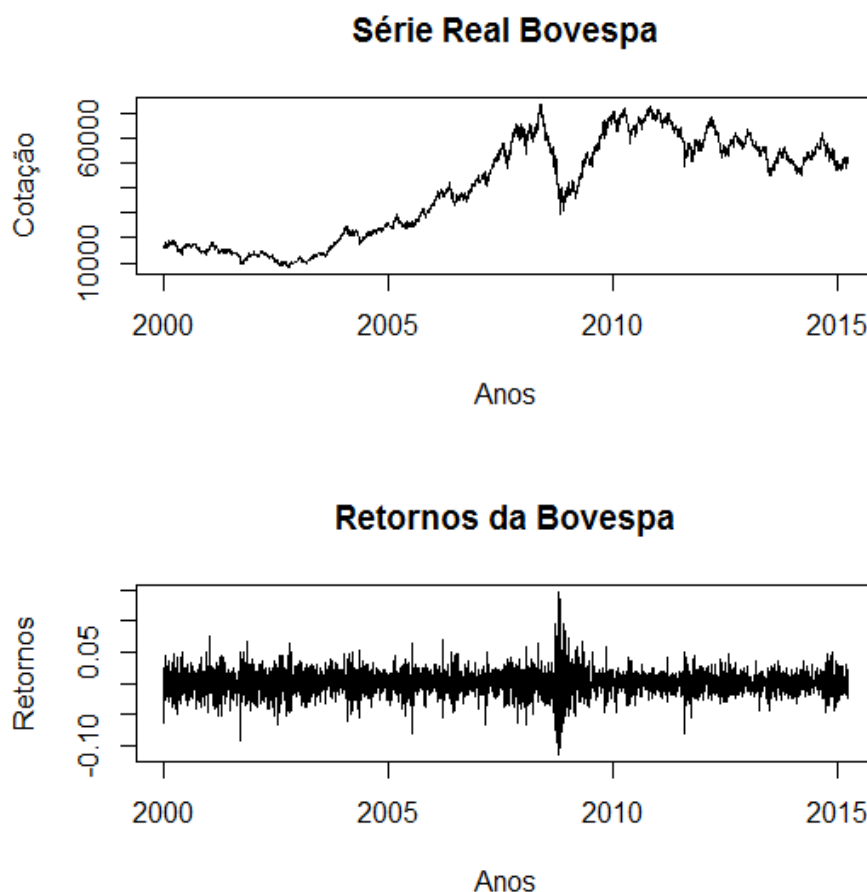
A fusão da BM&F e da Bovespa em 2007 alavancou as negociações realizadas na bolsa de valores brasileira devidas as novas perspectivas de mercado ocasionadas pela parceria. No ano de 2008 houve uma queda significativa durante a crise mundial originada pelos Estados Unidos da América devido a falência do banco Lehman Brothers.

Quando comparada a série real com os retornos do Índice Bovespa, é possível verificar o período de flutuação no ano da crise citada anteriormente. Essas oscilações representam o momento de turbulência do mercado brasileiro, onde os investidores podem ter grandes ganhos ou perdas significativas de seus ativos.

Nos anos seguintes, com a recuperação dos efeitos da crise, tanto a série real quanto os retornos da mesma se estabilizaram, apresentado picos isolados de flutuações em determinados períodos do tempo.

Esse momento de menos volatilidade do mercado foi ocasionado pelo período de crescimento positivo da balança comercial brasileira juntamente com o impulso da expectativa mundial que os países participantes do BRICS obtiveram na presente década. Dado este cenário de expectativa positiva os valores das ações negociadas na BM&FBOVESPA voltaram a subir após a crise permanecendo em torno dos 50.000 pontos.

Figura 1: Comparativo da série real e dos retornos da BM&FBOVESPA



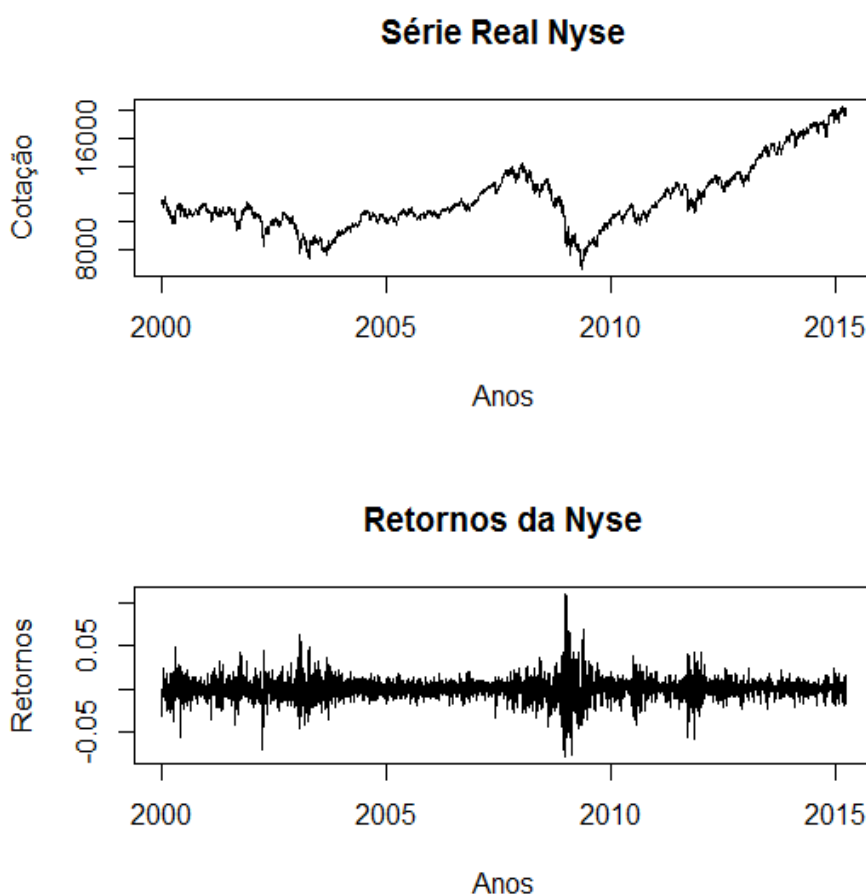
Conforme Arouri et al. (2010) o mercado tradicional de ações dos Estados Unidos da América possui grande visibilidade pela alta concentração de companhias multinacionais e retornos mais amenos de acordo com o baixo risco de perdas nos títulos adquiridos.

As ações negociadas na maior bolsa de valores do mundo, NYSE, tiveram oscilações negativas nos primeiros anos do século, devido ao endividamento do governo em guerras e ao baixo investimento no mercado que ocasionaram a desaceleração econômica do país.

No ano de 2008 devido à crise ocasionada pelo setor imobiliário, as ações negociadas na NYSE sofreram uma queda vertiginosa, registrando cotações diárias abaixo dos 10.000 pontos durante o momento de turbulência. Através dos retornos verifica-se o momento de alta variabilidade das cotações durante o ano de 2008, que registrou o pior índice Dow Jones da década.

A recuperação do mercado de capitais abertos em Nova Iorque deu-se no ano seguinte com medidas de incentivos de crédito e redução de juros elaborados pelo governo. Atualmente os valores das ações negociadas na bolsa de valores de Nova Iorque estão em potencial crescimento acompanhando a economia do país.

Figura 2: Comparativo da série real e dos retornos da NYSE



As cotações da bolsa eletrônica de Nova Iorque, NASDAQ, tiveram seu auge na virada do século devido à inserção e popularização mundial dos computadores e equipamentos eletrônicos em diversos setores. Nos anos subsequentes houve uma estabilização das cotações, apresentando uma potencial queda durante a crise da Bolha Eletrônica entre os anos de 2008 e 2009.

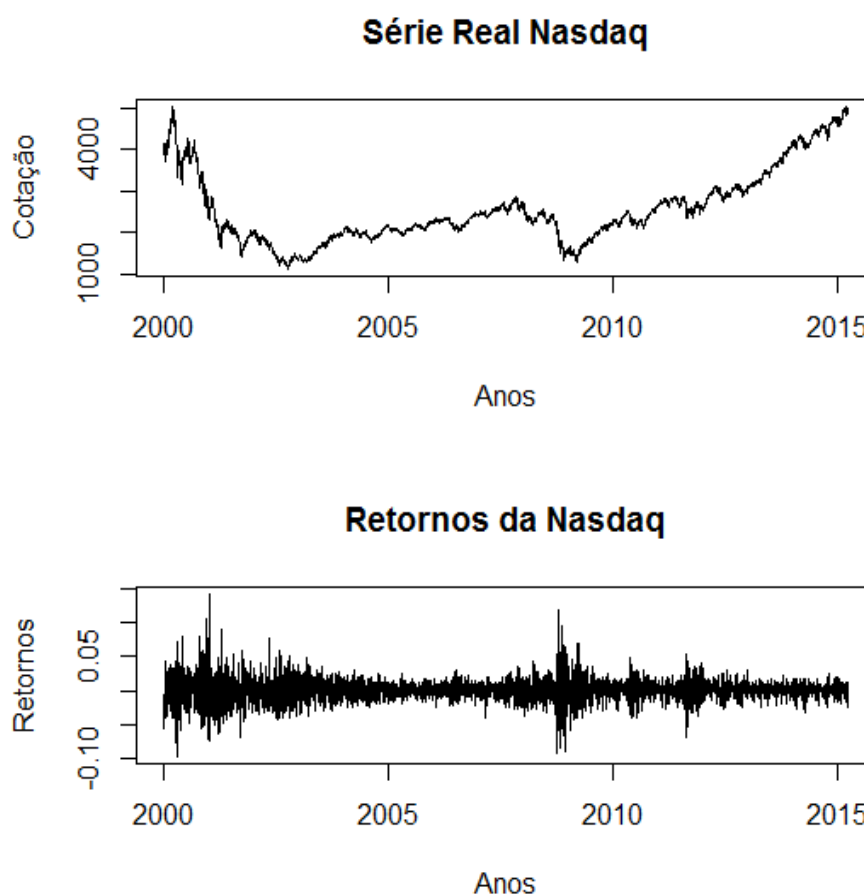
Com a inserção mais intensa da tecnologia tanto no ambiente corporativo quanto ambiente pessoal, fez-se com que a inserção da nova tecnologia ocasionasse flutuação entre períodos de

grandes retornos financeiros e períodos de retornos negativos, apresentando uma alta volatilidade no período observado.

Para a bolsa de Nova Iorque eletrônica durante o período da crise de 2008 as cotações registradas no índice NASDAQ apresentaram o pior momento durante os 15 anos de dados coletados, com diversos momentos de perdas e ganhos em um pequeno período de tempo.

Nos últimos anos, com os investimentos privados no setor tecnológico, incentivos governamentais e a alta rotatividade dos aparelhos eletrônicos, as ações das empresas negociadas na NASDAQ valorizaram mais que o dobro no intervalo entre os anos de 2010 e 2015 chegando a quase 4.000 pontos.

Figura 3: Comparativo da série real e dos retornos da NASDAQ



4.2 MODELOS ESTIMADOS

Tratando-se de mercados financeiros em que a eliminação total do risco é inviável é fundamental averiguar os agentes internos e externos que influenciam os capitais. Deste modo é de suma importância o acompanhamento do risco e dos erros admissíveis em uma determinada carteira de ativos ao longo do tempo (LIMA et al., 2009).

Os modelos estimados convencionais, Arima e Arfima, apresentaram resultados satisfatórios tanto para os Mapes Internos quanto para os Mapes Externos tendo os erros absolutos percentuais abaixo de 5%. Comparando somente Arima com Arfima, o melhor modelo relativo ao Mape Interno para as três bolsas de valores estudadas foi o Arima enquanto que para o Mape Externo o modelo que obteve os menores erros absolutos percentuais foi o Arfima.

No caso do quadro 1, em que os modelos lineares foram estimados a partir dos índices das bolsas de valores, os ajustes do modelo Arima e do modelo Arfima foram atenderam as expectativas registrando erros abaixo de 5% para todas as séries temporais.

Para os modelos estimados a partir dos retornos dos índices das bolsas de valores, os erros médios absolutos também atingiram patamares satisfatórios para o estudo, atingindo valores abaixo de 5% conforme o pressuposto do presente trabalho.

Comparando a performance dos erros dos índices com os erros dos retornos, observa-se que há um melhor ajuste nos modelos estimados a partir dos retornos, ou seja, há uma melhor aproximação nas previsões realizadas pela diferenciação dos preços dos ativos vendidos nas bolsas de valores do que pelas cotações diárias dos ativos.

O modelo que apresentou melhor ajuste para o erro médio absoluto externo foi o modelo Arima, enquanto que para o erro médio absoluto foi o modelo heterocedástico condicional generalizado.

Quadro 1 – Erros absolutos médios percentuais para os Índices

	Arima		Arfima	
	Mape Interno	Mape Externo	Mape Interno	Mape Externo
BM&FBOVESPA	1,37374	1,95152	1,7161	1,6743
NASDAQ	1,16643	1,13146	1,3192	0,6068
NYSE	0,78371	0,9766	0,8723	0,6845

Tabela 2 – Erros absolutos médios para os Retornos

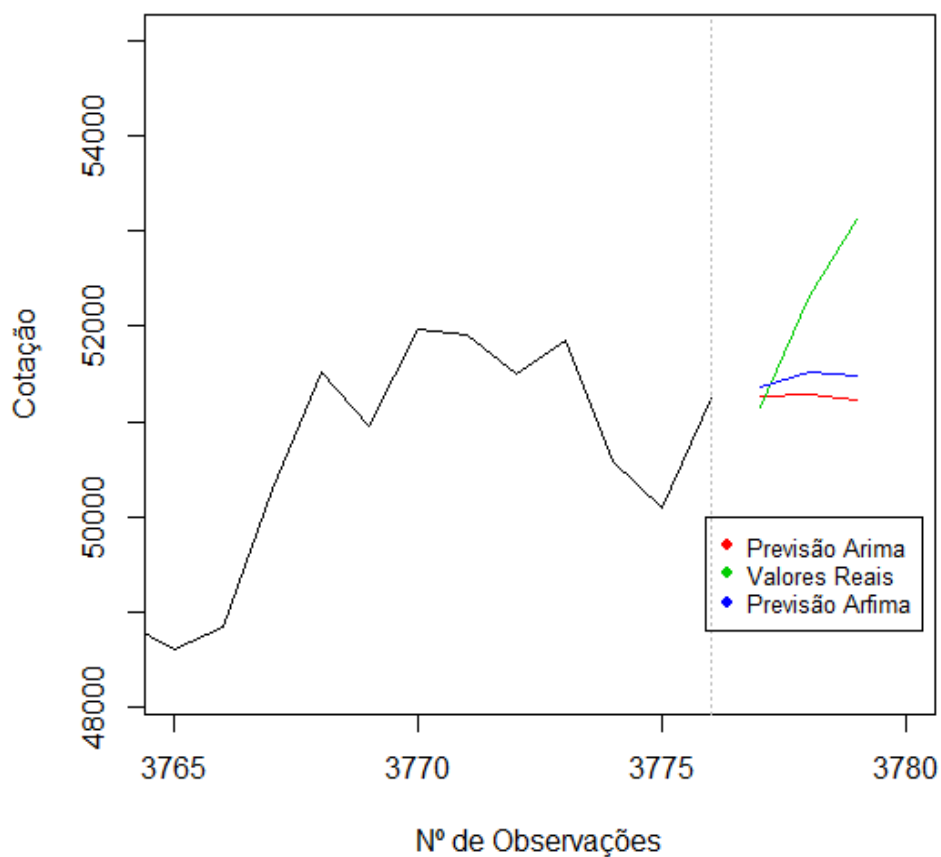
	Arima		Arfima		ARCH		GARCH	
	Mae Interno	Mae Externo	Mae Interno	Mae Externo	Mae Interno	Mae Externo	Mae Interno	Mae Externo
BM&FBOVESPA	0,13700	0,1370014	1,36687	1,34976	0,07938	1,37198	0,07987	1,37217
NASDAQ	0,11620	0,1162892	1,161253	0,69704	0,10301	1,16083	0,08053	1,16054
NYSE	0,007873	0,0787302	0,78583	0,780269	0,07520	0,78376	0,06051	0,78396

Para complementar a análise de forma mais precisa de qual modelo se ajusta melhor as três séries temporais, é necessário avaliar o ajuste dos índices e dos retornos de acordo com cada modelo aplicado nas bolsas de valores estudadas.

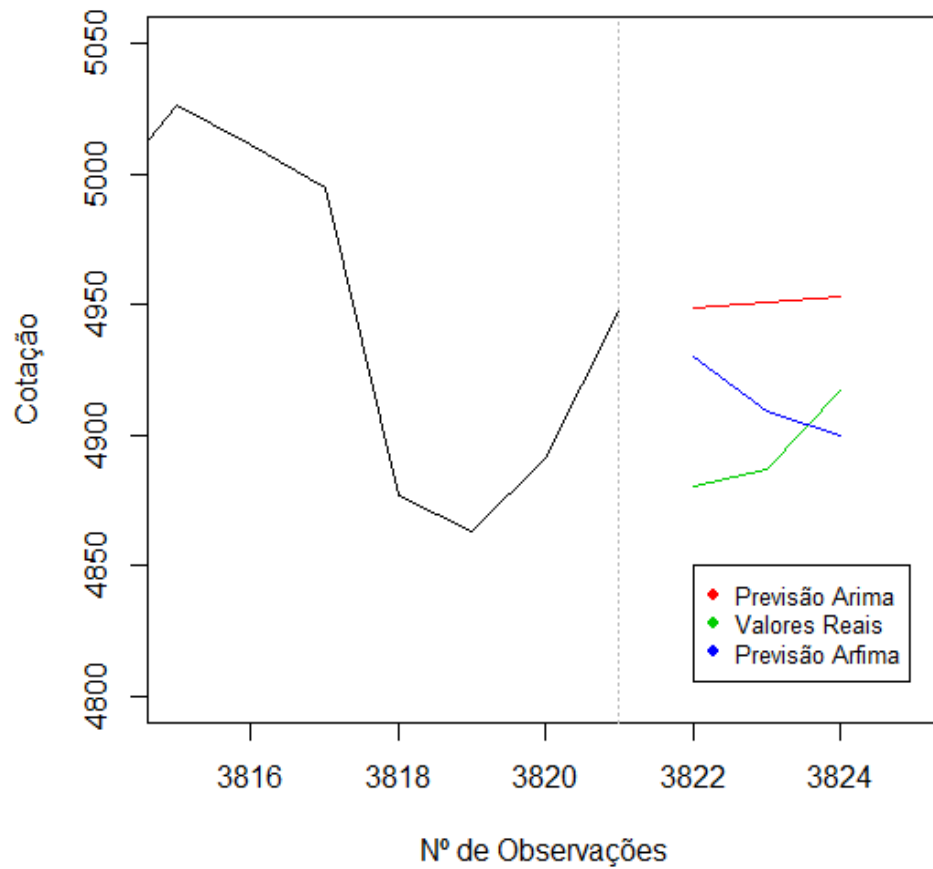
4.3 PREVISÕES PELOS MODELOS LINEARES

As previsões realizadas para este estudo contemplaram os próximos três dias de observações, no caso os dias 01, 02 e 03 de abril de 2015 para as três bolsas de valores. De acordo com os erros médios calculados para os índices e para os retornos, foi possível realizar previsão de até 3 dias dado os valores abaixo de 5% que foram obtidos em todos os modelos.

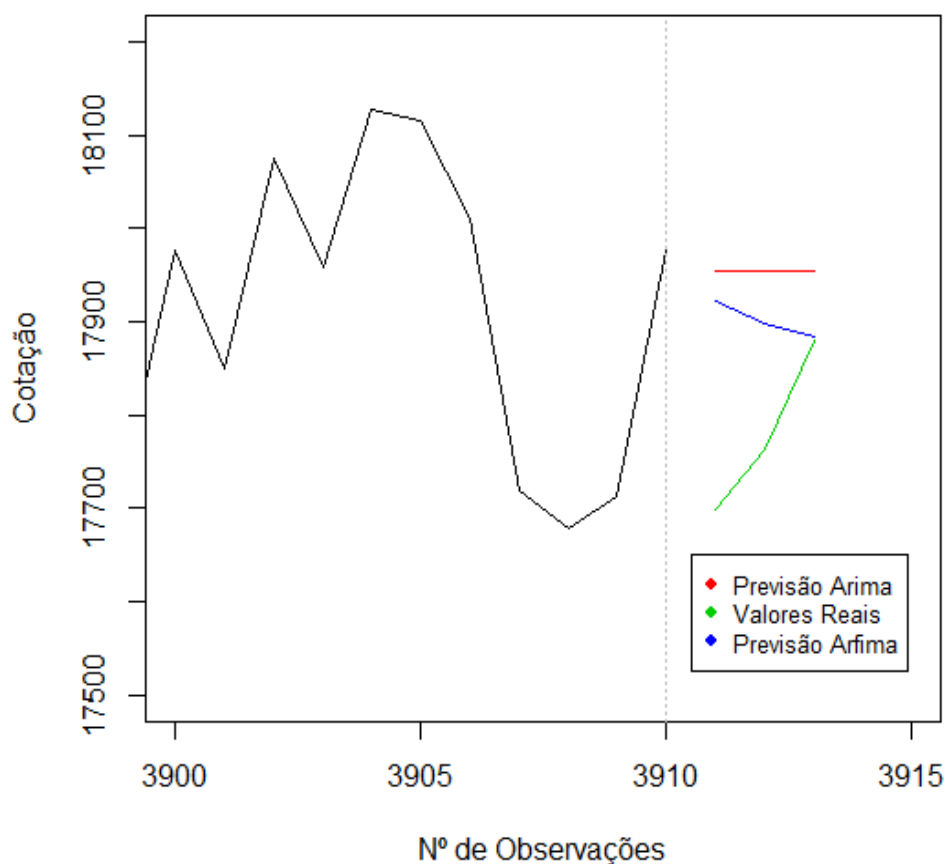
No gráfico abaixo é verificada as previsões para a bolsa de valores brasileira através dos modelos Arima e Arfima. Em ambos os modelos às previsões foram conservadoras se comparadas aos valores reais das cotações do índice Bovespa. De acordo com a série histórica dos valores cotados nesta bolsa, a perspectiva era de estabilidade do mercado, entretando os valores reais se comportaram de forma ascendente, superando a expectativa sugerida pelos dois modelos.

Gráfico 1: Previsões BM&FBOVESPA

Conforme o gráfico das previsões da bolsa de valores NASDAQ o modelo Arima estimou as previsões para os próximos três dias com perspectiva crescente, enquanto que o modelo Arfima estimou a partir dos históricos da série uma pequena queda nas cotações da referida bolsa de valores. Por sua vez, os valores reais apresentaram uma pequena queda no dia 01 de abril, e em seguida obteve uma alta por volta de 50 pontos no índice, deste modo o modelo Arfima se ajustou melhor aos dados reais se comparado ao modelo Arima.

Gráfico 2: Previsões NASDAQ

No gráfico a seguir referente aos valores previstos para o índice Dow Jones o modelo Arfima obteve melhor aproximação estimada dos valores reais principalmente para o terceiro dia estimado. Em contrapartida o modelo Arima superestimou os valores reais em mais de 200 pontos, distanciando-se dos valores reais da cotação referente aos três primeiros dias de abril.

Gráfico : Previsões NYSE

Em todas as previsões acima, o modelo que melhor se ajustou aos valores reais verificados nos índices das bolsas de valores estudadas foi o modelo Arfima, com estimativas iniciais dispersas e aproximações mais acuradas no terceiro dia previsto.

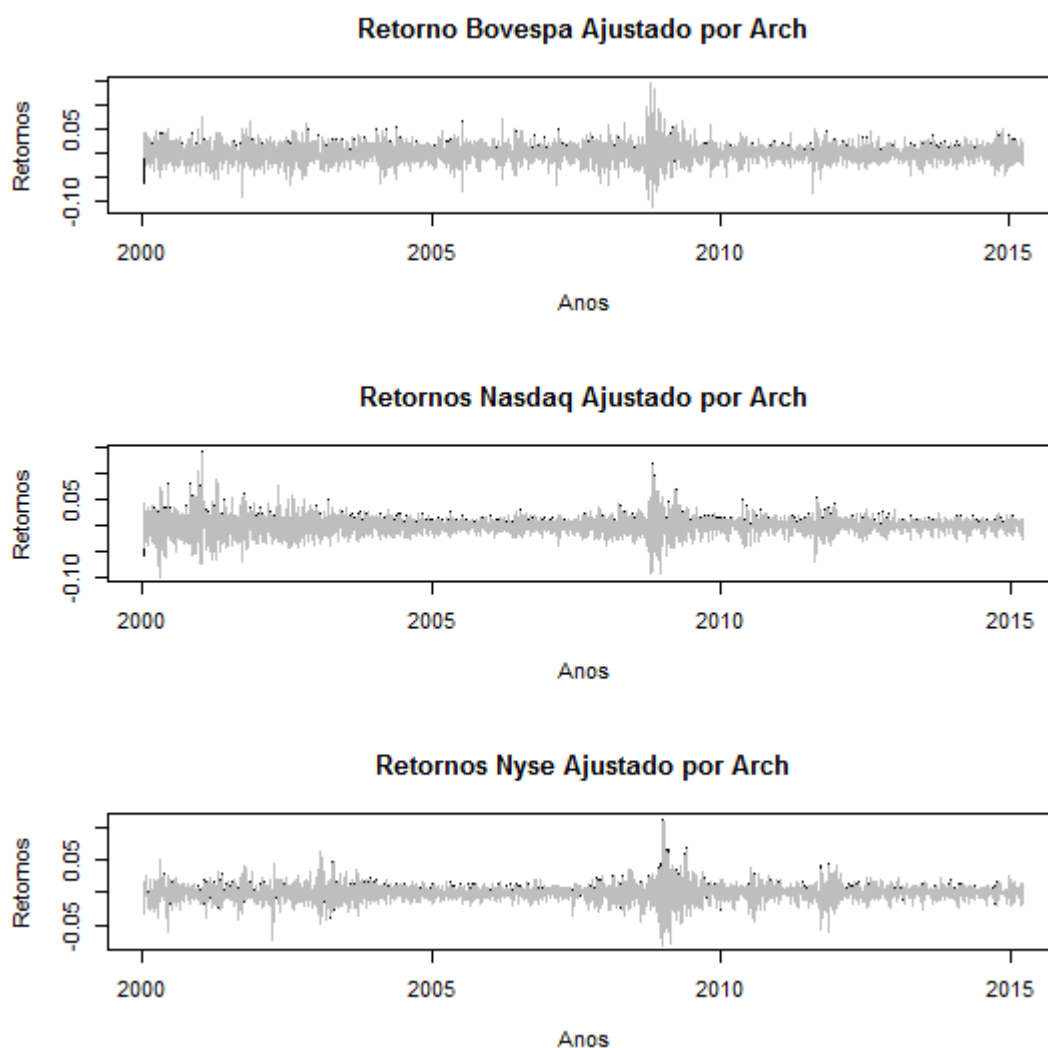
4.4 MODELOS ESTRUTURAIS NÃO LINEARES

Para as séries de grande variabilidade, Cowpertwait e Metcalfe (2009) pontuam que se há presença constante de altas variâncias ao longo do tempo, a série é caracterizada como um modelo heterocedástico condicional, sendo necessário utilizar modelos que captem momentos voláteis e momentos amenos.

Os retornos das bolsas de valores ajustados pelo modelo heterocedástico condicional ARCH apresentaram uma boa performance ao longo de todas as séries temporais, conforme verificado também pelos erros médios absolutos apurados no quadro 1.

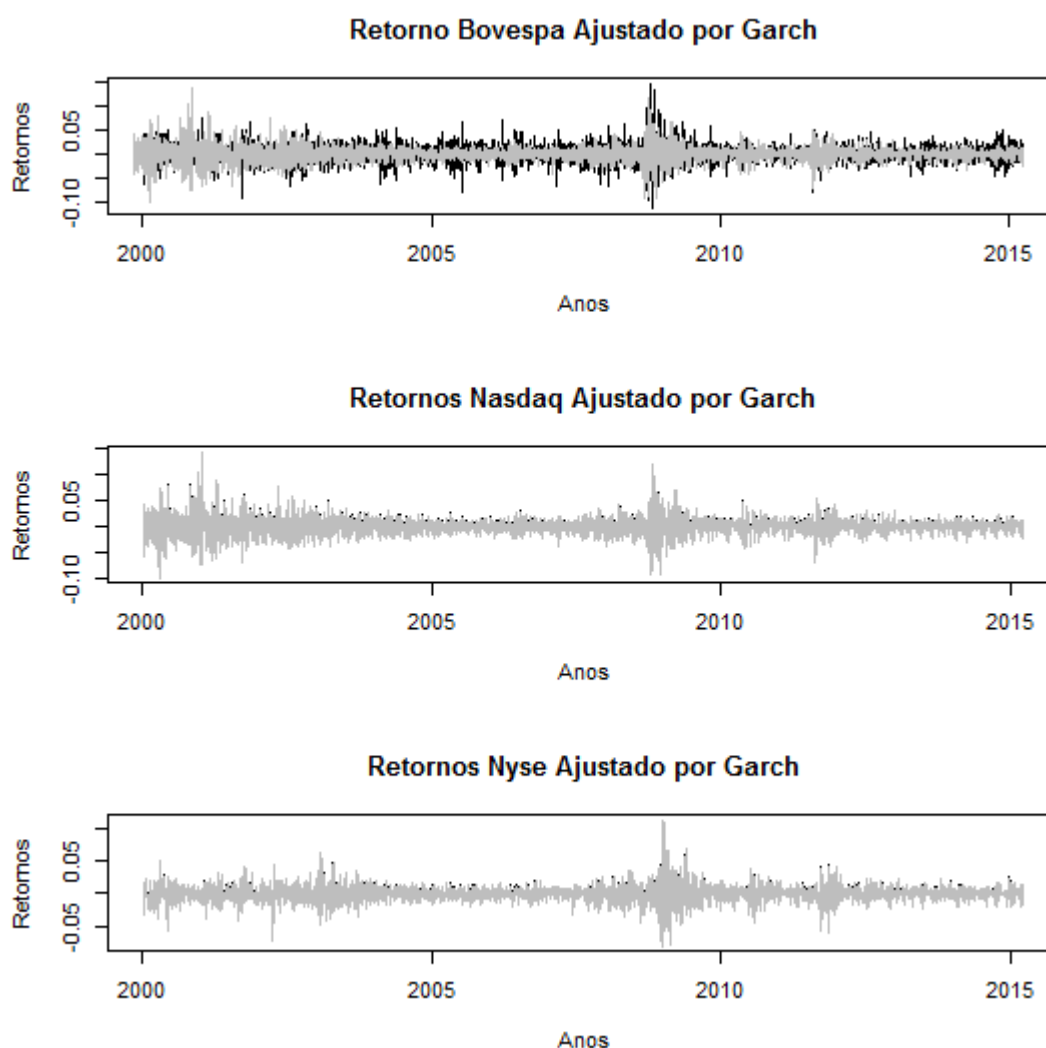
Corroborando com Mellagi Filho e Ishikawa (2007) no que diz respeito ao aumento da volatilidade em períodos de grandes perturbações econômicas, o modelo estrutural não linear ajustou-se minuciosamente aos períodos de alta volatilidade (principalmente na crise do ano de 2008) e aos períodos em que as oscilações se tornaram mais amenas, sendo um bom modelo de ajuste para os três índices avaliados (Ibovespa, Nasdaq e Dow Jones).

Figura 4: Retornos por ARCH



O modelo autoregressivo heterocedástico generalizado, GARCH, não apresentou melhor performance para o Índice Bovespa quanto o modelo ARCH. Em diversos pontos ao longo do tempo não foi possível ajustar o modelo à série temporal dos retornos principalmente em períodos de baixas oscilações como pode ser verificado no gráfico abaixo.

Com relação aos ajustes para o índice Nasdaq e Dow Jones o ajuste atendeu as expectativas do estudo capturando as séries de forma em poucos períodos de alta e baixa volatilidade.

Figura 5: Retornos por GARCH

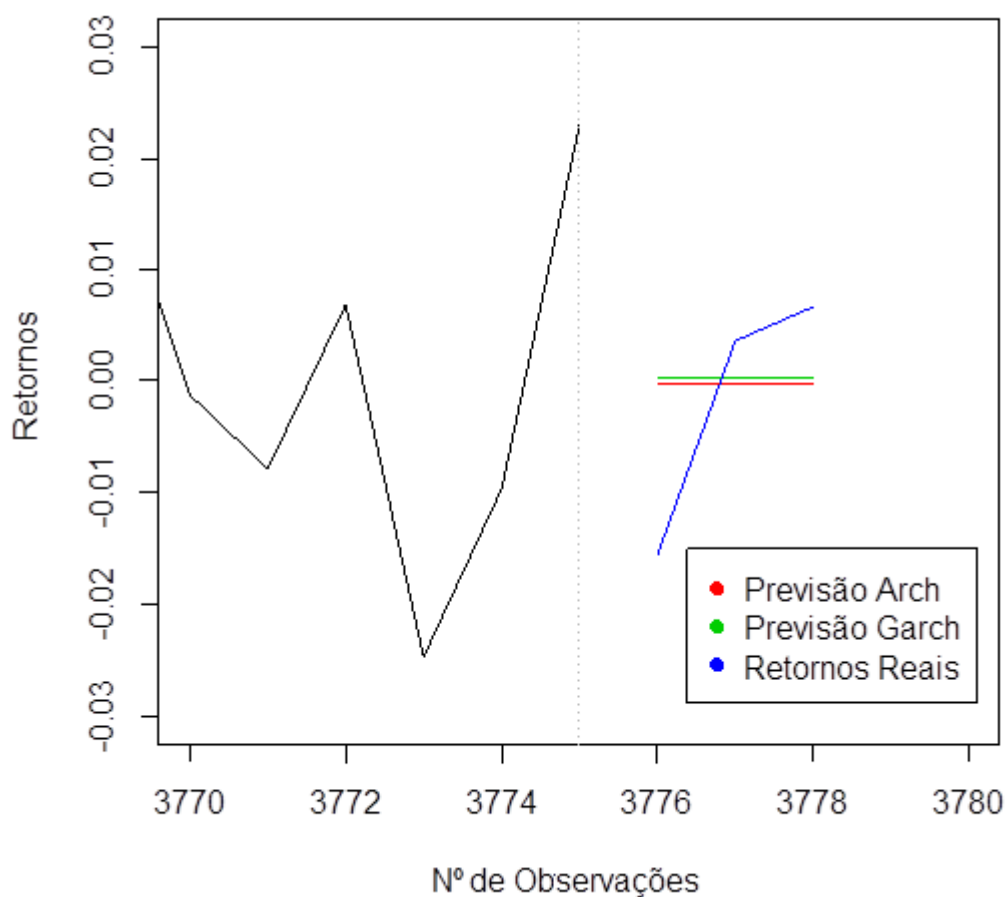
4.5 PREVISÕES PELOS MODELOS NÃO LINEARES

As previsões realizadas para a BM&FBOVESPA através dos modelos não lineares obtiveram uma aproximação menos precisa dos valores reais se comparadas às previsões realizadas para os modelos lineares. Os comportamentos dos modelos se mantiveram estáveis em torno de ganhos nulos, enquanto que o comportamento real da série passou de momentos de perdas com retornos negativos para valorização dos ativos.

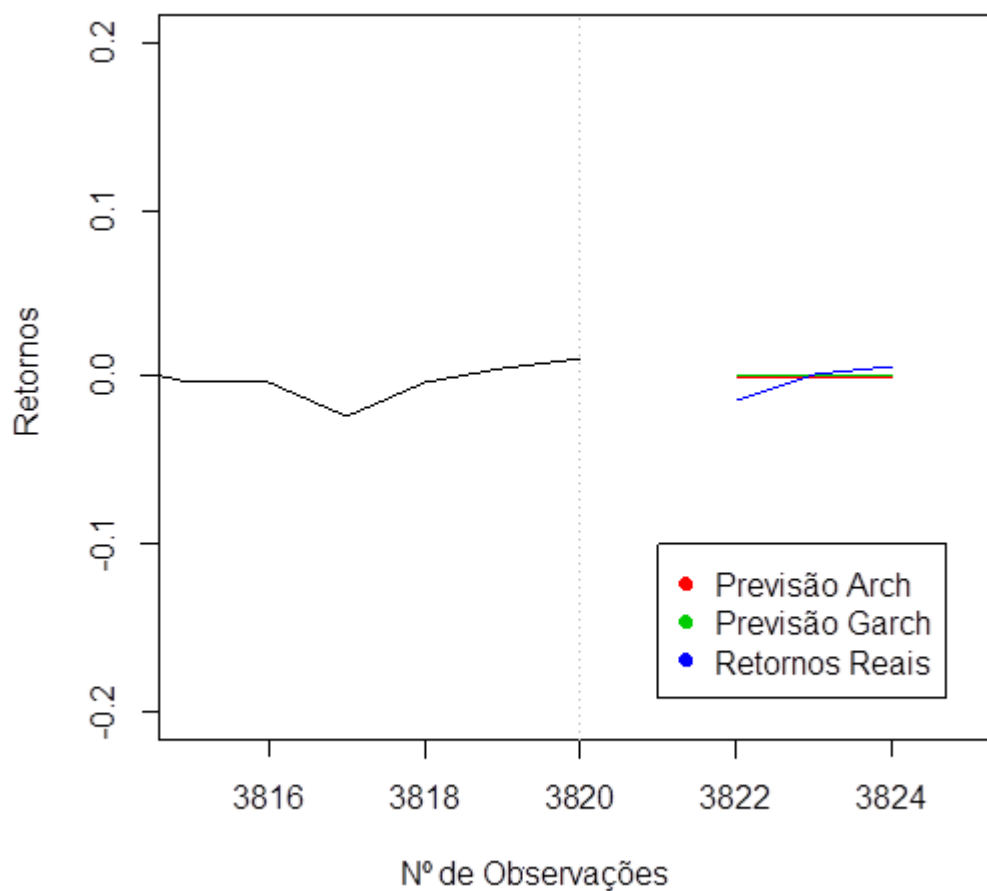
Essa variação rápida entre perdas e ganhos dos ativos, dar-se pela alta volatilidade dos mercados emergentes, corroborando com a definição de Arouri et al.(2010). Deste modo, os

modelos heterocedásticos condicionais não possibilitaram uma estimação adequada para a bolsa de valores brasileira.

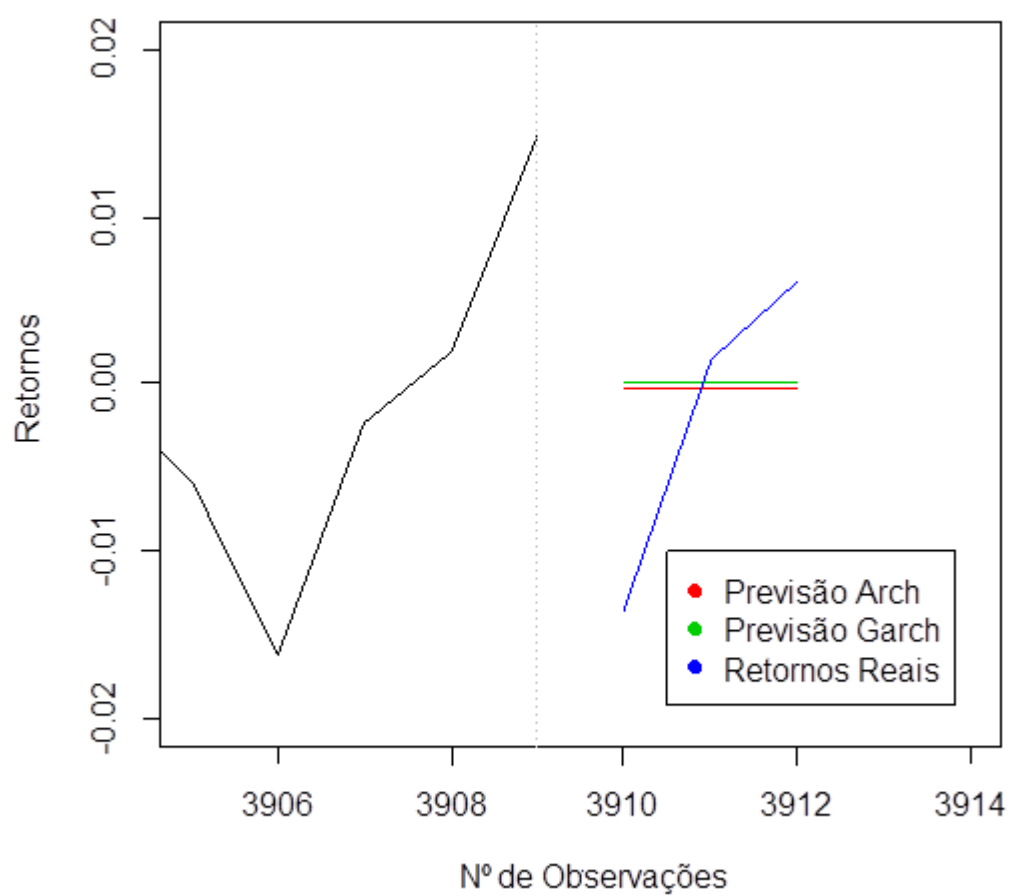
Gráfico 4: Previsões não lineares BM&FBOVESPA



Em contrapartida as previsões realizadas para a BM&FBOVESPA, os modelos ARCH e GARCH obtiveram uma boa estimação dos retornos reais para os próximos três dias da bolsa de valores eletrônica de Nova Iorque. As previsões realizadas para a NASDAQ, apesar de muito similares, se aproximaram dos retornos reais pela estabilidade do mercado e pelo momento de grande expectativa de crescimento da economia americana.

Gráfico 5: Previsões não lineares NASDAQ

Para as previsões realizadas para a maior bolsa de valores do mundo, NYSE, os modelos não se ajustaram de forma aproximada dos retornos reais devido à variação da cotação dos primeiros dias de abril de 2015. De acordo com históricos de estabilidade dos índices, a tendência dos modelos para mercados desenvolvidos é manter a mesma perspectiva ao longo do tempo, sendo desconsideradas mudanças macroeconômicas no estudo.

Gráfico 6: Previsões não lineares NYSE

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho baseou-se na análise da volatilidade contida nas cotações diárias das duas maiores bolsas de valores do mundo (NYSE e NASDAQ) comparadas à bolsa de valores brasileira (BM&FBOVESPA) no período de janeiro de 2000 a março de 2015.

No levantamento realizado foi verificado que a bolsa de valores que possui maior estabilidade ao longo do tempo nas cotações auferidas pelos índices é a NYSE com poucas oscilações em períodos sem crises econômicas.

O risco máximo verificado foi de 11% para os investidores que optam por obter um título na NYSE, com dispersão dos valores verificados de 0,00119. Entretanto vale ressaltar que, devido à importância da bolsa de valores de Nova Iorque e pela globalização, quando ocorre alguma crise econômica local que influencie a NYSE, é desencadeado um processo de instabilidade do mercado de ações mundiais, afetando também o mercado de ações brasileiro.

A bolsa de valores eletrônica de Nova Iorque no último quinquênio teve comportamento estável com variações sutis durante o tempo. O risco verificado nos retornos da NASDAQ foi de 23,86%, ou seja, a flutuação entre ganhos e perdas verificada através dos retornos ao longo do tempo variou entre o retorno máximo de 14,18% e o retorno mínimo de -9,68%. Apesar da importância desta bolsa de valores e de sua representatividade de capital, em momentos de crises isoladas, proporciona pouca influência sobre a BM&FBOVESPA pela particularidade do seu segmento.

Conforme os resultados obtidos, a BM&FBOVESPA apresentou maior volatilidade nos retornos das cotações em relação às demais bolsas de valores estudadas por se tratar de um mercado emergente. O maior risco nas aplicações foi verificado na bolsa de valores brasileiro com 26,05% e dispersão de 0,0187 em relação às médias nos retornos. Ou seja, a BM&FBOVESPA apresenta o maior risco de investimento se comparada às bolsas nova-iorquinas, porém apresenta maior possibilidade de retornos do capital investido.

Deste modo, o mercado de ações do Brasil proporciona maiores oportunidades de ganhos dados à alta expectativa de crescimento e perdas pela alta volatilidade em investimentos, se comparado aos mercados mais estáveis de Nova Iorque.

Os comportamentos das previsões realizadas atenderam as expectativas do estudo para as três bolsas de valores levando em consideração a margem de erro de no máximo 5% das estimativas. Para todos os modelos utilizados, os erros estimados foram abaixo de 1,5%.

Desta forma, em todas as análises realizadas o investidor possui maiores chances de manter seu capital seguro através de estudos estatísticos e por sua vez pode evitar possíveis perdas pelas oscilações do mercado.

Neste contexto apresentado, o investidor interessado em investir nos mercados de ações deve acompanhar estudos estatísticos ao longo do tempo para avaliar de forma mais assídua o comportamento do mercado mobiliário e quais as melhores oportunidades de investir em títulos de capitais para conseguir os mais elevados retornos positivos.

REFERÊNCIAS

ABNT. ABNT NBR ISO 31000, 2011. Disponível em <http://www.iso31000qsp.org/2010/09/visualize-nova-nbr-iso-31000-de-gestao.html>. Acessado em 11/02/2015.

ADVFN. ADVANCED FINANCIAL NETWORK, 2015. Disponível em <http://br.advfn.com/bolsa-de-valores>. Acessado em 11/02/2015.

AROURI, M. E. H.; JAWADI, F.; NGUYEN, D. K.. **The Dynamics of Emerging Stock Markets**. 1º ed., Nova Iorque: Springer, 2010.

ASSAF NETO, A.. **Mercado financeiro**. 9º ed., São Paulo: Atlas, 2009.

BEIRUTH, A. X.; BRUGNI, T.V.; FLORES, E.; LIMA, V.S.. **Ações Primárias Geram Retorno Acima da Média? Evidências de Retornos Anormais no Mercado de Capitais Brasileiro**. Revista de Gestão, Finanças e Contabilidade, v. 5, n. 2, p. 145-168, 2015.

BERNSTEIN, P. L.. **Desafio Aos Deuses: A Fascinante História do Risco**, 16º ed. Rio de Janeiro, Campus, 1998.

BISPO, C. R.; MUSSE, J. S.; VAZ, F. T.; MARTINS, F. J.. **Crise financeira mundial: impactos sociais e no mercado de trabalho**. 1º ed. Brasília: ANFIP, 2009.

BM&FBOVESPA. Bolsa de Mercadorias e Futuros de São Paulo, 2015. Disponível em <http://www.bmfbovespa.com.br/pt-br/intros/intro-sobre-a-bolsa.aspx?idioma=pt-br>. Acessado em 03/05/2015.

_____. Bolsa de Mercadorias e Futuros de São Paulo, 2014 Disponível em <http://www.bmfbovespa.com.br/Pdf/ConceitosFundamentais.pdf>. Acessado em 03/05/2015.

CORDEIRO FILHO, A.. **Cálculo atuarial aplicado: teoria e aplicações: exercícios resolvidos e propostos**. 2º ed. São Paulo: Atlas, 2014.

CORRÊA, A.C.C. **Os fatores determinantes da geração de valor em empresas não financeiras de capital aberto brasileiras**. 2012. 555 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2012.

COWPERTWAIT, P. S. P.; METCALFE, A. V.. **Introductory time series with R**. 1º ed. Nova Iorque: Spring, 2009.

DIONÍSIO, B. Jornal Paraná RPC, 2015. Disponível em <http://g1.globo.com/pr/parana/noticia/2015/11/pf-estima-que-prejuizo-da-petrobras-com-corrupcao-pode-ser-de-r-42-bi.html>. Acessado em 15/11/2015.

ENGLE, R. F.. **Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation**. Journal Storage, v.50, n. 4, p. 987-1008, 1982.

GABRIEL, V. M. S.. **Multivariate Models to Forescast Portfolio Value at Risk: from the Dot-Com crisis to the global financial crisis**. Revista brasileira de gestão e negócios, v. 16, n. 51, p. 299-318, 2014.

KERR, R. B.. **Mercado financeiro e de capitais**. 1º ed., São Paulo: Pearson Prentice, 2011.

LIMA, I. S.; GALARDI, N.; NEUBAUER, I.. **Mercados de investimentos financeiros**. 2º ed., São Paulo: Atlas, 2009.

LORENZEN, F. **Análise da eficácia das operações de hedge cambial de companhias abertas brasileiras**. 2009. 125 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2011.

MELLAGI FILHO, A.; ISHIKAUA, S.. **Mercado Financeiro e de Capitais**. 2º ed., São Paulo: Atlas, 2007.

MOBLEY, R. K.. **What is risk management?**, Uptime, n 1, p. 39-41, 2012.

MORRETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. C.. **Modelos para previsões de séries temporais**. 1º ed., Rio de Janeiro: Instituto de Matemática Pura e Aplicada, 1981.

_____. **Análise de séries temporais**. 2º ed., São Paulo: Edgard Blucher, 2006.

NASDAQ. National Association Securities Dealers Automated Quotation, 2015. Disponível em <http://www.nasdaq.com/investing/glossary/n/national-market-system>. Acessado em 28/05/2015.

NYSE. New York Stock Exchange, 2015. Disponível em <https://www.nyse.com/why-nyse>. Acessado em 28/05/2015.

PINHEIRO, J. L.. **Mercado de Capitais: fundamentos e técnicas**. 6º ed., São Paulo: Atlas, 2012.

RODRIGUES, J. A.. **Gestão de risco atuarial**, 1º ed., São Paulo, Saraiva, 2008.

SCHWARTZ, R. A.; BYRNE, J. A.; COLANINNO, A.. **Volatility: Risk and Uncertainty in Financial Markets**. Nova Iorque: Springer, 2011.

SILVA, R. F. M.; CARMONA, C. U. M.; LAGIOIA, U. C. T.. **A relação entre o Risco e as Práticas de Governança Corporativa Diferenciada no Mercado Brasileiro de Ações: uma abordagem sob a égide da teoria dos portfólios de Markowitz**. Revista brasileira de gestão e negócios, v. 13, n. 39, p. 175-192, 2011.

TAYMAN, J.; SWANSON, D.A.. **On the validity of MAPE as a measure of population forecast accuracy**. Kluwer Academic Publishers, v. 18, p. 299-322, 1999.

VOSO, D.. **Risk analyses: a quantitative guide**, 3º ed., Chichester, John Wiley & Sons, 2008.

WU, T.; BLACKHURST, J.. **Managing Supply Chain Risk and Vulnerability**. 2º ed., Nova Iorque: Springer, 2009.

WUTHRICH, M. V.; BUHLMANN, H.; FURRER, H.. **Market-Consistent Actuarial Valuation**. 2º ed., Nova Iorque: Springer, 2010.

ANEXOS

ANEXO A: EMPRESAS QUE COMPÕEM O IBOVESPA

Ambev	Gerdau Met
Banco do Brasil	Gol
Bradesco	Cia Hering
Bradesco	Hypermarcas
BB Seguridade	Itaúsa
Bradespar	Itaú Unibanco
BRF	JBS
Braskem	Klabin
Br Malls Par ON	Kroton
BR Properties	Lojas Americanas
BMFBOVESPA	Light
CCR	Lojas Renner
CESP	Marfrig
Cielo	MRV
Cemig	Natura
CPFL	Oi
Copel	Pão de Açúcar – CBD
Souza Cruz	PDG Realty
Cosan	Petrobras
CSN	Petrobras
Cetip	Marcopolo
Cyrela	Qualicorp
Duralex	Localiza
Ecorodovias	Rossi
Eletrobras	Santander BR
Eletrobras	Sabesp
Eletropaulo	Suzano Papel
Embraer	Tractebel
Energias BR	Tim
Estácio Participações	Ultrapar
Even	Usiminas
Fibria	Vale
Gafisa	Vale
Gerdau	Telefônica

Fonte: ADVFN, 2015.

ANEXO B: EMPRESAS QUE COMPÕEM O ÍNDICE DOW JONES

Cisco Systems, Inc. (MM)	Johnson & Johnson
Intel	JP Morgan Chase
Microsoft	Coca Cola
Alcoa	Mcdonalds
American Express	3M
Boeing	Merck
Bank of America	Pfizer
Caterpillar	Procter Gamble
Chevron	AT&T
DU Pont E I DE Nem	Travelers Companies (The)
Walt Disney	UHC
Gen Electric	United Tech
Home Depot	Verizon
Hewlett Packard	Wal Mart Stores
IBM	Exxon Mobil

Fonte: ADVFN, 2015.

ANEXO C: EMPRESAS QUE COMPÕEM O ÍNDICE NASDAQ

Apple	Google, Inc.
Adobe Systems Incorporated (MM)	Intel
Amazon	Microsoft
Baidu	News Corp. - Class A (MM)
Cisco Systems, Inc. (MM)	Starbucks Corp. (MM)
Discovery Communications - Series A (MM)	Staples, Inc. (MM)
(MM)	Vodafone
Ebay	Dentsply International Inc. (MM)
Facebook	Yahoo! Inc. (MM)

Fonte: ADVFN, 2015.